

# Projeto 02 - Inteligência Computacional

Alisson da Silva Vieira

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR)  
Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 – 87.301-899 – Campo Mourão – PR – Brasil

alisson.v3@hotmail.com

## 1. Introdução

Neste projeto, foi disponibilizado pelo professor dois conjuntos de dados [Kaggle 2022, Diego Bertolini 2022]. Nosso objetivo com eles, é demonstrar o *Template Mathing*, uma técnica de processamento de imagens, que visa identificar partes de uma imagem que correspondam a uma outra de uma imagem de modelo. As técnicas de *Template Mathing* são flexíveis e relativamente simples de usar o que as torna um dos métodos mais populares de localização de objetos. Sua aplicabilidade é limitada principalmente pelo poder computacional disponível, pois a identificação de modelos grandes e complexos pode ser demorada [Adaptive Vision 2017]. Desta forma, devemos mostrar através dos conjuntos disponibilizados, que usando a própria imagem nas técnicas de *Template Mathing* pode ser eficaz em algumas tarefas, e ineficiente em outras.

## 2. Etapa A

Nesta etapa, foi utilizado o conjunto [Kaggle 2022], e desses, foram selecionadas 10 imagens aleatórias para cada uma das classes: circle; square; star; triangle. Uma imagem foi selecionada como *template*, e foi calculado para 3 outras imagens da mesma classe os Momentos Invariantes de HU [Wikipedia 2022] e a distância euclidiana para o *template*. Após esse, foi realizado outro experimento, onde novamente uma imagem foi selecionada como *template*, e foi calculado novamente para 3 outras imagens de classes diferentes os Momentos Invariantes de HU e a distância euclidiana para o *template*. Podemos ver os resultados na seção 2.1.

### 2.1. Resultados

A Tabela 1 mostra a somatória da distância euclidiana entre cada segmentação realizada. Podemos notar que, pelo resultado, a distância entre elementos da mesma classe é menor que quando comparado as distâncias de elementos de classes diferentes. Também é válido ressaltar que o desvio padrão entre as segmentações é muito baixo.

Segmentação	Distância Euclidiana	Desvio Padrão
<i>Entre a mesma classe</i>	0.000426	0.000003
<i>Entre classes diferentes</i>	0.006864	0.000112

**Table 1. Etapa A: Comparação entre as métricas sob os dois tipos de segmentação.**

Já, a tabela 2, mostra os resultados dos momentos de HU dos elementos com a menor distância euclidiana para a segmentação entre as mesmas classes. Notamos que as

distâncias encontradas em sua maioria deram muito baixas, e semelhantes entre os *template*. A única exceção encontrada foi a classe Square, onde a distância foi um pouco mais elevada que as demais. Com esses resultados, conseguimos dizer que, em sua maioria, os elementos quando comparado ao *template* são semelhantes.

Classe	Tipo	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	Distância Euclidiana
Circle	Template	0.001175	2.827e-11	1.373e-16	2.989e-14	5.105e-29	1.398e-19	3.258e-29	0.000000
	Comparação	0.001168	2.748e-11	4.363e-16	4.638e-14	1.951e-28	1.580e-19	-7.398e-29	0.000008
Square	Template	0.001092	6.003e-12	4.339e-15	2.590e-14	-1.812e-28	5.565e-20	2.064e-28	0.000000
	Comparação	0.001010	1.877e-12	6.473e-16	1.358e-15	-1.347e-32	-1.818e-21	1.274e-30	0.000082
Star	Template	0.000857	3.008e-12	3.656e-16	1.422e-13	2.520e-28	-1.201e-19	-9.942e-28	0.000000
	Comparação	0.000852	4.933e-13	4.831e-17	1.351e-13	-2.065e-28	-8.985e-20	2.767e-28	0.000005
Triangle	Template	0.000906	1.097e-10	3.690e-14	3.114e-12	1.048e-24	-3.240e-17	1.192e-25	0.000000
	Comparação	0.000909	2.343e-11	8.450e-14	1.980e-12	-5.081e-25	-8.998e-18	6.309e-25	0.000004

**Table 2. Etapa A: Comparação entre os momentos de HU dos *template* e da instância com a menor distância euclidiana para cada classe.**

Por fim, a tabela 3, mostra os resultados obtidos ao realizar a comparação entre os elementos de classes diferentes. São mostrados na tabela, apenas os elementos com as menores distâncias.

Iteração	Tipo	Classe	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	Distância Euclidiana
0	Template	Circle	0.001175	2.827e-11	1.373e-16	2.989e-14	5.105e-29	1.398e-19	3.258e-29	0.000000
	Comparação	Square	0.001010	1.877e-12	6.473e-16	1.358e-15	-1.347e-32	-1.818e-21	1.274e-30	0.000166
	Comparação	Star	0.000871	4.028e-13	5.319e-17	1.069e-13	1.642e-28	-6.767e-20	-1.950e-28	0.000304
	Comparação	Triangle	0.000909	2.343e-11	8.450e-14	1.980e-12	-5.081e-25	-8.998e-18	6.309e-25	0.000266
1	Template	Square	0.001092	6.003e-12	4.339e-15	2.591e-14	-1.812e-28	5.565e-20	2.064e-28	0.000000
	Comparação	Circle	0.001168	2.748e-11	4.363e-16	4.638e-14	1.951e-28	1.580e-19	-7.398e-29	0.000076
	Comparação	Star	0.000871	4.028e-13	5.319e-17	1.069e-13	1.642e-28	-6.767e-20	-1.950e-28	0.000221
	Comparação	Triangle	0.000909	2.343e-11	8.450e-14	1.980e-12	-5.081e-25	-8.998e-18	6.309e-25	0.000183
2	Template	Star	0.000857	3.008e-12	3.656e-16	1.422e-13	2.520e-28	-1.201e-19	-9.942e-28	0.000000
	Comparação	Circle	0.001168	2.748e-11	4.363e-16	4.638e-14	1.951e-28	1.580e-19	-7.398e-29	0.000311
	Comparação	Square	0.001008	6.394e-12	1.608e-15	2.641e-14	-4.216e-29	7.878e-21	-1.669e-28	0.000151
	Comparação	Triangle	0.000872	3.798e-11	2.758e-14	1.549e-12	1.718e-25	-9.546e-18	-2.704e-25	0.000015
3	Template	Triangle	0.000906	1.097e-10	3.690e-14	3.114e-12	1.048e-24	-3.240e-17	1.192e-25	0.000000
	Comparação	Circle	0.001168	2.748e-11	4.363e-16	4.638e-14	1.951e-28	1.580e-19	-7.398e-29	0.000262
	Comparação	Square	0.001008	6.394e-12	1.608e-15	2.641e-14	-4.216e-29	7.878e-21	-1.669e-28	0.000102
	Comparação	Star	0.000871	4.028e-13	5.319e-17	1.069e-13	1.642e-28	-6.767e-20	-1.950e-28	0.000035

**Table 3. Etapa A: Comparação entre os momentos de HU dos *template* e da instância com a menor distância euclidiana para classes diferentes.**

Podemos notar alguns fatores interessantes, como na comparação entre o *template* da classe Square é um elemento da classe Circle, onde a distância euclidiana encontrada foi muito menor em comparação com as outras distâncias. Esse fator se torna ainda mais preocupante, quando comparamos os resultados obtidos na Tabela 2, onde na comparação entre a mesma classe, a menor distância encontrada para a classe Square foi de 0.000082, e aqui, quando comparado com um elemento da classe Circle, a distância foi de 0.000076.

Podemos analisar também, a comparação entre a classe Star como template e a classe Triangle como comparação, o valor da distância encontrado foi muito pequeno, e o que se espera é que pertençam à mesma classe, porém não é o caso. Esses dois resultados não eram esperados, pois as comparações mostram que algumas imagens de classes diferentes são próximas, e algumas vezes semelhantes o suficiente para serem confundidos com um elemento da mesma classe.

### 3. Etapa B

Nesta etapa, foi utilizado o conjunto [Diego Bertolini 2022], e desses, foi selecionado 4 imagens aleatórias para cada uma das classes: opalus; mono; capillipes. De forma semelhante a Etapa A (Seção 2), foi selecionado uma imagem de *template*, e para cada uma das imagens da mesma classe, foi calculado os Momentos Invariantes de HU [Wikipedia 2022] e a distância euclidiana para o *template*. Após esse, foi realizado outro experimento, onde novamente uma imagem foi selecionada como *template*, e foi calculado novamente para 3 outras imagens os Momentos Invariantes de HU e a distância euclidiana para o *template*. Porém desta vez a comparação foi feita para elementos de classes diferentes, podemos ver os resultados na seção 3.1.

#### 3.1. Resultados

A Tabela 4 mostra a somatória da distância euclidiana entre cada segmentação realizada. A primeira impressão que temos é que pelo resultado, a distância entre elementos da mesma classe é menor que quando comparado as distâncias de elementos de classes diferentes. Podemos comprovar esse fato com o desvio padrão de ambos sendo muito pequeno.

Segmentação	Distância Euclidiana	Desvio Padrão
<i>Entre a mesma classe</i>	0.000203	1.607738e-05
<i>Entre classes diferentes</i>	0.001803	5.969222e-05

**Table 4. Etapa B: Comparação da distância euclidiana sob os dois tipos de segmentação.**

Já, a tabela 5, mostra os resultados dos momentos de HU dos elementos com a menor distância euclidiana para a segmentação entre as mesmas classes. Notamos que a distância euclidiana de cada elemento foi relativamente baixa, com uma ressalva para a classe Opalus, que obteve a menor distância registrada.

Classe	Tipo	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	Distância Euclidiana
Capillipes	<i>Template</i>	0.000708	8.213e-08	3.594e-11	4.743e-12	6.193e-23	1.357e-15	-7.468e-25	0.000000
	<i>Comparação</i>	0.000729	1.205e-07	2.542e-11	4.298e-12	4.478e-23	1.484e-15	-3.612e-24	0.000021
Mono	<i>Template</i>	0.000811	1.603e-07	3.028e-11	5.482e-12	-1.021e-23	-6.371e-16	6.990e-23	0.000000
	<i>Comparação</i>	0.000786	1.202e-07	3.615e-12	3.138e-12	-4.691e-24	6.326e-17	9.473e-24	0.000025
Opalus	<i>Template</i>	0.000661	8.693e-09	1.711e-12	2.536e-13	1.405e-25	-2.300e-17	-9.031e-26	0.000000
	<i>Comparação</i>	0.000659	1.257e-08	3.086e-12	9.968e-14	3.815e-26	-1.080e-17	4.001e-26	0.000002

**Table 5. Etapa B: Comparação entre os momentos de HU dos *template* e da instância com a menor distância euclidiana para cada classe.**

Por fim, a tabela 6, mostra os resultados obtidos ao realizar a comparação entre os elementos de classes diferentes. São mostrados na tabela, apenas os elementos com as menores distâncias.

Iteração	Tipo	Classe	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	Distância Euclidiana
0	Template	Capillipes	0.000708	8.213e-08	3.594e-11	4.743e-12	6.193e-23	1.357e-15	-7.468e-25	0.000000
	Comparação	Mono	0.000781	1.222e-07	7.669e-13	8.943e-13	7.269e-25	-3.082e-16	1.423e-25	0.000073
	Comparação	Opalus	0.000664	1.693e-08	6.052e-12	8.034e-14	-3.065e-26	-3.446e-18	4.690e-26	0.000044
1	Template	Mono	0.000811	1.603e-07	3.028e-11	5.482e-12	-1.021e-23	-6.371e-16	6.990e-23	0.000000
	Comparação	Capillipes	0.000729	1.205e-07	2.542e-11	4.298e-12	4.478e-23	1.484e-15	-3.612e-24	0.000082
	Comparação	Opalus	0.000664	1.693e-08	6.052e-12	8.034e-14	-3.065e-26	-3.446e-18	4.690e-26	0.000146
2	Template	Opalus	0.000661	8.693e-09	1.711e-12	2.536e-13	1.405e-25	-2.300e-17	-9.031e-26	0.000000
	Comparação	Capillipes	0.000674	3.423e-08	3.168e-11	2.330e-12	1.988e-23	4.300e-16	-2.381e-24	0.000014
	Comparação	Mono	0.000781	1.222e-07	7.669e-13	8.943e-13	7.269e-25	-3.082e-16	1.423e-25	0.000120

**Table 6. Etapa B: Comparação entre os momentos de HU dos *template* e da instância com a menor distância euclidiana para classes diferentes.**

Podemos ver que as distâncias, quando comparadas a Tabela 5 são relativamente maiores, com exceção a comparação da classe Opalus com a classe Capilles, onde foi a comparação com a menor distância registrada, um valor que não era o esperado ao comparar duas classes distintas.

#### 4. Conclusão

Desta forma, através dessa atividade, conseguimos notar que as vantagens de se utilizar técnicas de *Template Matching* é que são técnicas relativamente simples, e que não da área de *Machine Learning*, e sim da área de processamento de imagens, dessa forma, seu custo depende apenas do processamento das imagens. Pelos resultados, notamos que essas técnicas possuem resultados muito satisfatórios quando usado para comparar instâncias da mesma classe.

Podemos citar como desvantagem, o fato de que ao realizar a comparação entre instâncias de classes diferentes, o resultado tende a ser menor. Também é válido ressaltar que quanto maior for o tamanho das instâncias, maior será o custo de processamento.

#### References

- Adaptive Vision (2017). Template matching. [https://docs.adaptive-vision.com/4.7/studio/machine\\_vision\\_guide/TemplateMatching.html](https://docs.adaptive-vision.com/4.7/studio/machine_vision_guide/TemplateMatching.html). Accessed: 12 set. 2022.
- Diego Bertolini (2022). Folhas.zip. <https://www.dropbox.com/s/fmbq1bpay5joaax/Folhas.zip?dl=0>. Accessed: 12 set. 2022.
- Kaggle (2022). Four shapes. <https://www.kaggle.com/datasets/smeschke/four-shapes>. Accessed: 12 set. 2022.
- Wikipedia (2022). Momentos invariantes de hu. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Momentos\\_invariantes\\_de\\_uma\\_imagem#:~:text=Momentos%20Invariantes%20de%20Hu,-Ming%20Kuei%20Hu&text=permite%20fazer%20a%20distin%C3%A7%C3%A3o%20entre%20imagens%20](https://pt.wikipedia.org/wiki/Momentos_invariantes_de_uma_imagem#:~:text=Momentos%20Invariantes%20de%20Hu,-Ming%20Kuei%20Hu&text=permite%20fazer%20a%20distin%C3%A7%C3%A3o%20entre%20imagens%20)

20espelhadas%20semelhantes%20na%20forma. Accessed: 16 set.  
2022.